جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱٤۰٤، دوره۸، شماره۳، صص۵۱۸-٤۹٤

مکان‌یابی محل دفع پسماند شهری با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر مبنای GIS (مطالعه موردی: شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت)

صالح آرخی*[۱]، ندا سوری زائی[۲]، علی‌اکبر نجفی‌کانی[۳]

[۱]*دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

[۳] دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

s.arekhi@gu.ac.ir

تاریخ دریافت:۱٤۰۳/۰۷/۰۹ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۳/۰۸/۰٦ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰۹/۰۵

چکیده

مخاطرات زیست‌محیطی و دفع پسماندها به دلیل ارتباط با زندگی بشر نیاز به کنترل و اعمال سیستم مدیریت دارند. در فرآیند تعیین محل دفع زباله‌های شهری سعی می‌شود نقاطی با کمترین خطرات برای محیط زیست و سلامت انسان مدنظر قرار گیرد. هدف از انجام این تحقیق شناسایی و معرفی مکان‌های مناسب برای دفن مواد زائد جامد شهری، شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت می‌باشد. برای انجام این پژوهش از ١٤ لایه اطلاعاتی از مجموع معیارهای هیدرولوژیکی، زیرساخت و توپوگرافی استفاده شده و با بهره‌گیری از فرآیند AHP فازی و تحلیل شبکه‌ای (ANP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) محل مناسب برای دفع پسماند در محدوده مطالعاتی تعیین شده است. با استفاده از روش‌های AHP فازی (عملگرهای AND، OR، Product، Sum و Gamma) و ANP ماتریس مقایسات زوجی معیارها تشکیل و وزن‌های نهایی هر یک از لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013، Super Decisions محاسبه شده و در محیط GIS، مدل‌سازی انجام پذیرفت. نتایج نهایی مدل‌ها به چهار پهنه کاملا" مناسب، مناسب، نامناسب و کاملا" نامناسب به عنوان محل دفع زباله تقسیم‌بندی شد. بر اساس نتایج، در عملگر AND مناطق کاملا" مناسب با ۸/٦ درصد سطح منطقه در قسمت شرق و جنوب، در عملگر OR مناطق کاملا" مناسب ۵۲ درصد در شمال و غرب منطقه را شامل، عملگر Product بیشتر منطقه را نامناسب برای دفع پسماند لحاظ و به میزان کمی در شرق منطقه (۲ درصد) مناسب شناسایی کرده، عملگر Sum مناطق کاملا" مناسب ۱۲ درصد در قسمت شرق و جنوب و عملگر Gamma (با ضرایب ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹) به ترتیب مناطق کاملا" مناسب را ۳٦، ۳۱، ۲۵ و ۱۹ درصد را شامل شده و عمدتا در قسمت شرق و جنوب منطقه دیده می‌شود. با توجه به روش AHP فازی تنها در عملگر OR سایت دفع پسماند در منطقه کاملا" مناسب و غرب منطقه مورد مطالعه قرار دارد.

واژگان کلیدی: مخاطرات، مکان‌یابی، پسماند، **AHP** فازی، محیط زیستی.

doi: 10.22034/gahr.2024.486175.2298 شاپا الکترونیکی:2645-3851

مقدمه

شهرهای مختلف جهان رشد جمعیت را در دوره‌های زمانی مختلف تجربه کرده‌اند (مجومدار[1]سیوراماکریشم[2] ۲۰۲۰: ۹). در کشورهای در حال توسعه، جمعیت در حال رشد و فعالیت‌های بشری پدیده شهرنشینی را به سرعت افزایش داده است. گسترش سریع شهرنشینی موجب شده است که زباله‌های خانگی، تجاری، صنعتی و سایر ضایعات به صورت گسترده ایجاد شوند (سماتی[3]و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۱٦). پسماندهای شهری یکی از تولیداتی است که عدم توجه به آن می‌تواند چشم‌انداز واحدهای شهری را تحت تأثیر قرار دهد و انباشت آن از مهمترین عوامل تهدید کننده سلامت محیط زیست شود (غلامعلی‌فرد و امیدی‌پور، ۱۳۹۳: ۱٤٤). در بیشتر مناطق ایران، زباله‌ها عموما" به شکل انباشت، سوزاندن و در بهترین شرایط به صورت غیربهداشتی دفن می‌شوند (فخاریان و عبدی، ۱۳۸۰: ۱۸). مکان‌یابی و مدیریت صحیح محل دفن پسماند به عنوان یکی از اصول توسعه پایدار محسوب می‌شود به طوری که از ضروریات طرح‌های توسعه شهری جهت رسیدن به توسعه پایدار است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۰۹). روش‌های ارزیابی چند معیاره در موارد بسیاری برای مکان‌یابی محل‌دفن مورد استفاده قرار گرفته‌اند (فریتز[4]و همکاران، ۲۰۰٦: ۱۸). روش‌های ارزیابی چندمعیاره که در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافتند می‌توانند امکان انتخاب مکان مناسب را بین گزینه‌های بسیار که وابسته به معیارهای مختلفی هستند، فراهم می‌کنند (کاو[5]و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۹۹). بررسی مکان‌های مختلف برای مکان‌یابی محل‌دفن زباله‌ها مستلزم انتخاب روشی مناسب می‌باشد، بنابراین به کارگیری روش‌های مبتنی برمحاسبات ریاضیاتی در اعمال تمامی موارد و تعیین سهم معیارهای مختلف در اثرگذاری بر انتخاب محل مناسب می‌تواند بسیار سودمند باشد (دوناویکا[6]و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۲۱). ابزارهای متعددی جهت پیش‌بینی و کاهش اثرات طرح‌ها و پروژه‌ها وجود دارد. در این میان EIA به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌ها جهت ارزیابی و پیش‌بینی اثرات طرح‌ها و پروژه‌ها بر روی اجزای محیط زیستی (فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اکولوژیکی، اجتماعی ، فرهنگی و اقتصادی- عملیاتی) به شمار می‌رود. از میان روش‌های ماتریسی، ماتریس ارزیابی سریع اثرات محیط زیستی[7]قادر است در مدت زمان بسیار کوتاهی به ارزیابی و مقایسه گزینه‌های موجود در طرح‌ها و پروژه‌ها بپردازد ونتایج را به صورت واضع و گویا در قالب جدول و نمودار نشان دهد (پاستایکا[8] ۱۹۹۸: ۸۲). با توجه به این که عوامل زیادی در مکان‌یابی محل دفن مواد زاید نقش دارند، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به دلیل توانایی آن در مدیریت حجم زیادی از داده‌های مکانی یک روش بسیار مطلوب است (افضلی و همکاران، ۱۳۹۲).

الکرداغی[9]و همکاران(۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از روش WLC و GIS به انتخاب محل دفن مناسب مواد زائد جامد در سلیمانیه عراق پرداختند. بر طبق نتایج این پژوهش، هفت محل برای دفن پسماند در نظر گرفته شد که با معیارهای علمی و زیست محیطی تطبیق دارد. سلیکر[10]و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی برای دفن پسماند در شهر

[1] Majumdar
[2] Sivaramakrishnan
[3] Sumath
[4] Fritz
[5] Kuo
[6] Donavika
[7] RIAM
[8] Pasta
[9] Alkaradaghi
[10] Cliker

الازیک ترکیه با روش MCD و GIS انجام دادند. نتایج نشان داد مکان مناسب برای دفن پسماند در این شهر بین ۸۷ تا ٤٦ درصد متغیر است و به طور کلی نشان داده شد این محدوده برای دفن پسماند مناسب می‌باشد. یانگ[1] و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی در رابطه با مکان‌یابی پسماندهای خاک صنعتی که نه تنها به محیط‌زیست بلکه سلامت انسان را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. مدل متابولیک را برای پیش‌بینی تولید زباله در چین پیشنهاد دادند. استفاده از این مدل می‌تواند کارایی بازیافت را در منطقه ایجاد کند.

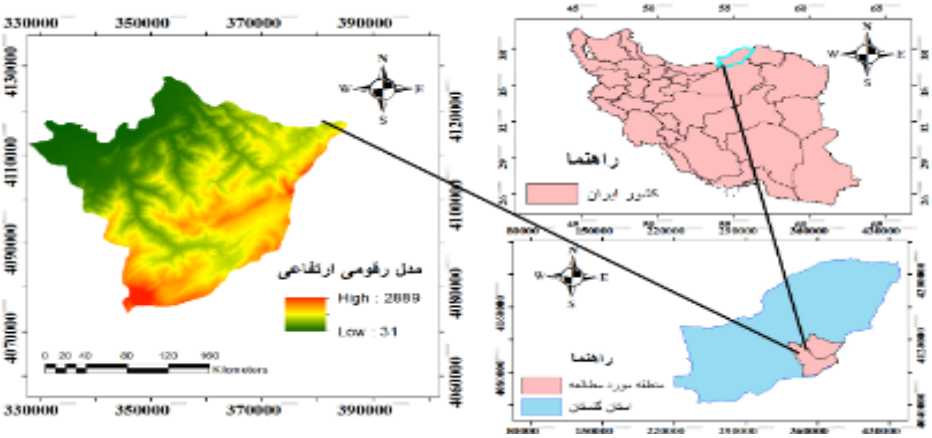
غلامی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی جهت مکان‌یابی محل دفع پسماندهای شهری با استفاده از GIS و AHP در شهر ساحلی- صنعتی عسلویه مجموعا" ١٦ معیار در محیط‌های فیزیکی و شیمیایی، اقتصادی، اجتماعی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفتند و از نرم‌افزار ArcGIS جهت استخراج لایه‌های اطلاعاتی و انجام پردازش‌های لازم و از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) جهت وزن‌دهی به معیارها با به کارگیری نرم‌افزار Expert Choice استفاده شده است. براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان پهنه‌های دفن پسماند در محدوده مورد مطالعه به چهار کلاس طبقه-بندی نمود و نتایج آن نشان می‌دهد که از لحاظ کاربری بیشتر مناطق بر زمین‌های بایر و مراتع فقیر بوده و حداکثر فاصله را نسبت به مناطق مسکونی، راه‌های ارتباطی، مناطق آب‌های زیرزمینی، آبراهه‌ها، مناطق صنعتی و حفاظت گاه‌ها و گسل‌های منطقه دارند. دانش و همکاران (١٤٠٠) در رابطه با مکان‌یابی محل دفن پسماند خطرناک استان بوشهر با به کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به این نتایج دست یافتند که معیارهای اکولوژی بیشترین امتیاز (۳۳/٦۱ درصد) آورده‌اند و کاربری اراضی هم بیشترین وزن (۰/۲۷) را داشته است. همچنین ۱۳/٦ درصد از سطح استان دارای توان خیلی زیاد و ۷/۱۷ درصد از سطح منطقه کاملا" نامناسب برای دفع پسماندهای خطرناک شناسایی شد. توکلی‌نغمه و همکاران (١٤٠١) در پروهشی برای مکان‌یابی محدوده‌های مناسب برای دفع پسماند روستایی شهرستان قصرشیرین و ۱۲ لایه (مناطق روستایی، شهری، راه، منابع آب، سیلاب، کاربری زمین، مراتع، خاک، زمین‌شناسی، گسل، راه‌های ارتباطی و.....) تهیه گردید. طالبی (١٤٠٢) در پژوهشی به مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر بم با استفاده از مدل‌سازی تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط GIS با استفاده از ۸ معیار پرداخت. نتایج نشان داد در جنوب‌شرق منطقه بیشترین فضای بهینه دفن پسماند و در شمال‌غرب شهرستان کمترین فضای بهینه وجود دارد. هدف از نوشتن این پژوهش انتخاب مکان مناسب دفع پسماند برای شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت می‌باشد و تعیین کنیم سایت دفع پسماند آزادشهر از نظر ارزیابی زیست محیطی در مکان مناسبی قرار گرفته است یا نه؟

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان آزادشهر در استان گلستان که با ۱۳۰ متر ارتفاع، در °۳۷ عرض شمالی و °۵۵ و ´۱۰ طول شرقی و ۱۸ کیلومتری جنوب شهر گنبد کاووس قرار دارد. موقعیت طبیعی شهر دشتی و آب و هوای آن نیمه‌خشک مرطوب است. شهرستان مینودشت در عرض شمالی °۳۷ و °۵۵ طول شرقی با ارتفاع ١٦٧ متری دارای آب و هوای نیمه‌خشک و

[1] Yang

سرد دارد (شکل ۱). در ضمن، سایت دفع پسماند در نزدیکی جاده بین شهرستان مینودشت و آزادشهر قرار گرفته است که روزانه بیش از ٤۰۰ تن زباله به این سایت آورده می‌شود (شکل ۲).



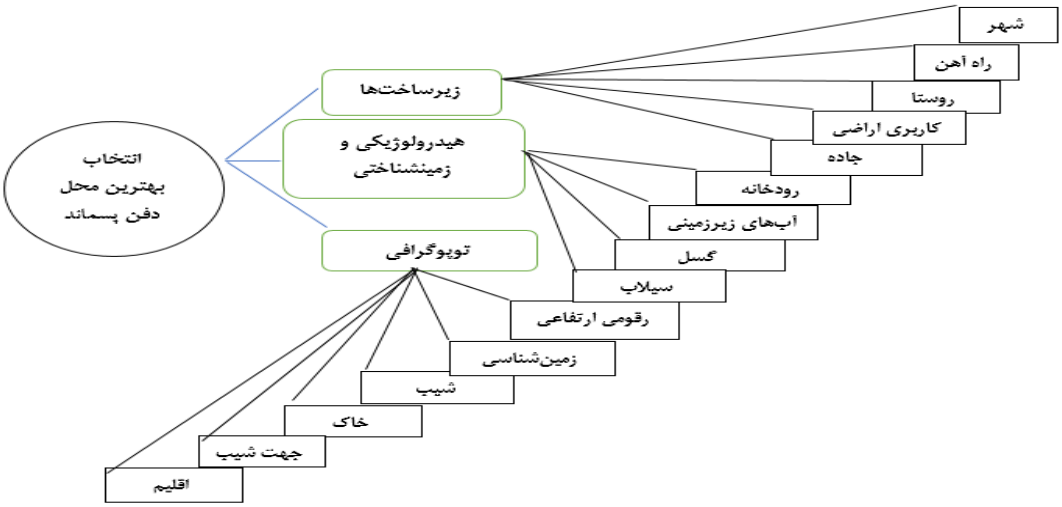
شکل ۱: موقعیت مکانی آزادشهر و مینودشت

شکل ۲: دفع پسماند در سایت جاده آزادشهر و نزدیکی محل دفع پسماند

مواد و روش‌ها

روش این پژوهش توصیفی و تحلیلی و نوع آن کاربردی بوده و با استفاده از مطالعات اسنادی، اطلاعات و داده‌های مورد نیاز گردآوری شده است. داده‌ها و اطلاعات از طریق مراجعه به کتابخانه، ادارات، سایت‌ها و از طریق پرسشنامه از ۳۰ کارشناس تهیه و استخراج گردید. لایه‌های اطلاعاتی در سه معیار کلی هیدرولوژیکی، زیرساخت و توپوگرافی تقسیم شده که از هر یک دارای زیرمعیارهای از جمله شیب، فاصله از جاده، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، زمین-شناسی، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از شهر، فاصله از روستا، فاصله از آب زیرزمینی، فاصله از مناطق سیلابی، اقلیم، پوشش گیاهی، جهت شیب و خاک‌شناسی می‌باشند. این منابع اطلاعاتی به عنوان ابزار اصلی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند و از نرم‌افزار ArcGIS10.8 برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ایجاد و تکمیل پایگاه، ویرایش نمودن نقشه‌ها، همپوشانی نقشه‌ها برای تهیه نقشه‌های نهایی، تعیین سیستم مختصات و سیستم تصویر و از Excel2013 جهت وزن‌دهی به معیارها با روش AHP فازی، Super Decision جهت وزن‌دهی به معیارها با روش ANP، و همچنین برای بررسی مکان‌یابی دفن پسماند ۱۵ معیار بعد از مطالعه کتابخانه‌ای و اصول زیست‌محیطی استخراج گردیده است. شکل ۳ معیارهای در نظر گرفته برای مکان‌یابی پسماند را نشان می‌دهد. جدول ۱ عوامل و

پارامترهای مکان‌یابی دفع پسماند را نشان می‌دهد. از لایه مدل رقومی ارتفاعی[1] ۳۰ متر استفاده و لایه شیب نیز از لایه مدل ارتفاعی رقومی گرفته شد. با توجه به منطقه مورد مطالعه، معیارهای از جمله فاصله از شهر و روستا، نزدیکی به آب‌های رودخانه، جاده و پارامترهای مؤثر دیگر برای ادامه کار به لایه‌های رستری تبدیل شدند.



شکل ۳: معیارهای در نظر گرفته برای مکان‌یابی پسماند

جدول ۱: عوامل و پارامترهای مکان‌یابی دفع پسماند

پارامتر	کاملا مناسب	مناسب	نامناسب	کاملا نامناسب
اقلیم	بیابانی و نیمه بیابانی	مدیترانه‌ای	کوهستانی	مرطوب
فاصله از مناطق سیل‌خیز	بیش از ۲ کیلومتر	۱ – ۱/۵	۵۰۰ – ۱ کیلومتر	۵۰۰ متر
جهت شیب	شمال	شرق	جنوب	غرب
فاصله از جاده	بالاتر از ۱۰۰۰	۱۰۰۰–۷۵۰	۷۵۰–۵۰۰	۵۰۰–۰
فاصله از شهر	بالاتراز ۶۰۰۰	۶۰۰۰–۴۰۰۰	۴۰۰۰–۲۰۰۰	۲۰۰۰–۰
فاصله از روستا	بالاتر از ۳۰۰۰	۳۰۰۰–۲۰۰۰	۲۰۰۰–۱۰۰۰	۱۰۰۰–۰
فاصله از گسل	بالاتر از ۳۰۰۰	۳۰۰۰–۲۰۰۰	۲۰۰۰–۱۰۰۰	۱۰۰۰–۰
شیب	۰–۵	۵–۱۰	۱۰–۱۵	بالاتراز ۱۵
خطوط ارتفاعی	کمتر از ۱۰۰۰	۱۰۰۰–۱۲۰۰	۱۲۰۰–۱۵۰۰	بالاتراز ۱۵۰۰
زمین‌شناسی	سیلت، ماسه، لای، رس	ماسه سنگ، مارن، کنگلومرا، استون، آهک اریتولیندار	لای ماسه یا شن، مخروط افکنه	اندرولیت، دولومیت، نمک، شیل و گچ، کایتر، گنیس
خاک‌شناسی	نفوذپذیری خیلی کم	نفوذپذیری کم	نفوذپذیری زیاد	نفوذپذیری خیلی زیاد
کاربری اراضی	اراضی بایر	مراتع	زمین کشاورزی	شهرو اراضی جنگلی
آب‌های زیرزمینی	بالاتر از ۳۰	۳۰–۲۰	۲۰–۱۰	۱۰–۰
فاصله از رودخانه	بالاتر از ۳۰۰	۳۰۰–۲۰۰	۲۰۰–۱۰۰	۱۰۰–۰

Source: Adapted from the instructions of the Environmental Protection Organization of Iran , 2001

[1] DEM

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

اولین قدم در فرایند AHP ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی می‌باشد که در آن اهداف، معیارها، گزینه‌ها و ارتباط بین آن‌ها نشان داده می‌شود. چهار مرحله بعدی در فرایند سلسله مراتبی محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها در صورت وجود، محاسبه وزن گزینه‌ها، محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت را شامل می‌شود.

تشکیل ساختار سلسله مراتبی

طرح پرسشنامه و جمع‌آوری نظرات کارشناسان مختلف در مورد میزان اهمیت و ارزش هر کدام از معیارها نسبت به تعیین هدف با توجه به جدول ۹ کمیتی ساعتی (جدول ۲) مقیاس ۹ کمیتی ساعتی را نشان می‌دهد.

- ✓ **تشکیل ماتریس مقایسه زوجی معیارها**
- ✓ **مجاسبه میانگین هندسی هر سطر از ماتریس مقایسه زوجی**
- ✓ **نرمالیزه کردن میانگین‌های هندسی**

جدول ۲ : مقیاس ۹ کمیتی ساعتی برای مقایسه دودویی معیارها

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملا مرجح یا کاملا مهم تر یا کاملا مطلوبتر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوب تر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸ و٦ و ٤ و۲	ترجیحات بین فواصل فوق

بررسی سازگاری

یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس باید سنجه‌ای را یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد. به همین منظور ضریب سازگاری ساعتی که از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی بودن حاصل می‌شود، برآورد می‌گردد. چنانچه این ضریب کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است، در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود.

روش AHP فازی

در ارتباط با به کارگیری منطق‌فازی، باید گفت که در تحلیل تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، تئوری فازی معمول‌ترین روش برای بحث و بررسی عدم قطعیت‌ها شناخته شده است. برای تعیین ارتباط دفع پسماند شهری با عوامل مؤثر در وقوع آن و نیز تهیه نقشه مکانیابی دفع با استفاده از منطق‌فازی، نقشه‌های عوامل مؤثر با هم تلفیق می‌شود (اصغرپور،

[1].Analytical Hierarchy process

۱۳۸۸: ۱۳۹). در مدل فازی هر عضو همزمان در مجموعه‌های مختلف ولی به درجات متفاوت عضویت دارد. درجات عضویت مقادیر بین صفر و یک و نیز خود این دو حد را می‌پذیرد (رجایی، ۱۳۸۲).

توابع عضویت فازی در ابزار Fuzzy membership در نرم‌افزار ArcGIS10.8

توابع عضویت فازی، اطلاعات ورودی را به مقیاس صفر تا یک تبدیل می‌کند و براساس احتمال اینکه عضو یک مجموعه خاص باشد، مشخص می‌شود. عضویت صفر به مکان‌هایی تعلق دارد که قطعا" و به هیچ‌وجه عضو مجموعه مشخص شده نیستند و عضویت ۱ به آن مقادیری تعلق دارد که دقیقا عضوی از مجموعه مشخص شده است.

تابع عضویت فازی گوسین: این تابع مقادیر اولیه را به توزیع نرمال تبدیل می‌کند. نقطه مرکزی توزیع نرمال، تعریف ایده‌آل برای مجموعه را تعیین می‌کند که همان مقدار عضویت فازی بیشینه یا عدد ۱ است، درحالی که مقدار ورودی باقیمانده در عضویت کاهش می‌یابد تا در طرفین دامنه ورودی به مقدار عضویت صفر برسد.

تابع عضویت فازی خطی: یک تابع خطی بین مقادیر حداقلی و حداکثری معین است که توسط کاربر اعمال می‌شود. هر مقداری در دامنه که کمتر از حداقل باشد، صفر قطعا یک عضو نیست و هر مقداری که بیشتر از مقدار حداکثری یک قطعا" یک عضوخواهد بود.

تابع عضویت فازی بزرگ: هنگامی از این تابع استفاده می‌شود که مقادیر ورودی بزرگتر، بیشتر احتمال عضویت در مجموعه را دارند. نقطه مرکزی تابع بزرگ یا نقطه متقاطع (اختصاص یک عضو به مقدار عضویت ۰/۵) را با مقادیری بیشتر از نقطه میانی تعیین می‌کند و پارامتر گسترش شکل منطقه انتقال را تعریف می‌کند (سلول‌هایی که ارزش بالاتر دارند درجه عضویت بالاتری می‌گیرند و بالعکس).

تابع عضویت فازی کوچک: هنگامی از این تابع استفاده می‌شود که مقادیر ورودی کوچکتر احتمال بیشتری دارد که عضویت حداکثری مجموعه باشند (سلول‌هایی که ارزش کمتری دارند درجه عضویت بالاتری می‌گیرند و بالعکس).

عملیات روی مجموعه‌های فازی

در اجرای تکنیک فازی به عملگرهایی نظیر OR (اجتماع)، AND (اشتراک)، Product (ضرب)، Sum (جمع جبری) و Gamma (گاما) نیاز می‌باشد. در عملگر OR پیکسلی که فقط از نظر یک نقشه مناسب بوده و ارزش یک داشته باشد و از لحاظ سایر لایه‌های اطلاعاتی دارای ارزش صفر باشد، در نقشه خروجی تلفیق یافته و ارزش یک می‌گیرد و مناسب تشخیص داده می‌شود. عملگر AND فقط پیکسلی که در تمامی نقشه‌های پایه ارزش یک دارد، در نقشه نهایی ارزش یک خواهد داشت و جز مناطق مناسب قرار می‌گیرد. عملگر Product موجب می‌شود تا اعداد مجموعه‌ها کوچک‌تر شده و به سمت صفر میل کنند؛ اما عملگر Sum بر خلاف عملگر Product موجب می‌گردد تا اعداد به سمت یک میل نمایند. جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر Product و دقت خیلی کم عملگر Sum عملگر دیگری به نام Gamma تعریف شده است. مقدار گامای تعدیل کننده بین صفر و یک است و از طریق قضاوت کارشناسانه تعیین می‌شود. گامای صفر معادل ضرب فازی و گامای یک معادل جمع فازی است.

روش تحلیل شبکه‌ای(ANP)

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است و در مجموعه مدل‌های جبرانی قرار می‌گیرد. در روش ANP، اهمیت گزینه‌ها نیز مانند اهمیت معیار در نظر گرفته می‌شود و به همین دلیل خطای

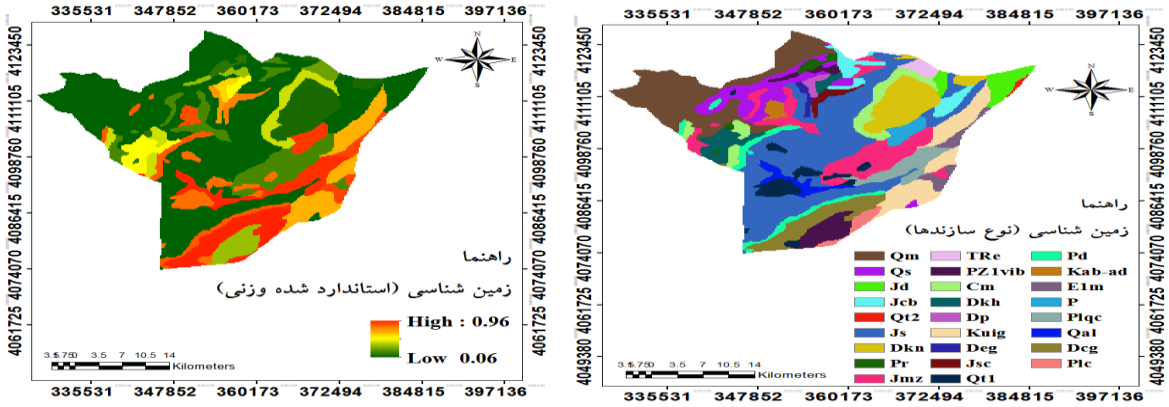
تصمیم‌گیری در مقایسات زوجی کاهش می‌یابد. ANP متشکل از دو جزء سلسله مراتب کنترلی (شامل ارتباط بین هدف، معیارها و زیرمعیارها) و ارتباط شبکه‌ای (شامل وابستگی بین عناصر و خوشه‌ها) است و نرم‌افزار سوپردسیژن Super Decision بسته مناسبی است که ابزاری برای آنالیز هر یک از معیارها در ارتباط با یکدیگر استفاده شده است. این بسته‌ای با کاربرد و آسان است، که برای ساخت مدل‌های تصمیم‌گیری همراه با وابستگی و بازخورد طراحی شده است و نتایج را با استفاده از ابرماتریس‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP محاسبه می‌کند.

یافته‌ها

شناخت عوامل موثر برای مکان‌یابی دفع پسماند شهری بسیار ضروری می‌باشد و عواملی چون ارتفاع، شیب، فاصله از آب زیرزمینی، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از شهر، فاصله از روستا، فاصله از مناطق سیلابی، اقلیم، جهت شیب، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی به عنوان عوامل موثر در منطقه شناسایی گردید و سپس با استفاده از توابع عضویت فازی به صورت نقشه‌های فازی در آمدند (شکل‌های ٤ تا ۱۳).

متغیر زمین‌شناسی

نوع سازندهای زمین‌شناسی مانند ماسه‌سنگ، مارن و برخی ساختارهای سنگی، ساختار سستی در مقابل تراوش شیرابه و انتشار گازهای تولید شده از پسماند دارند و مکان‌های از این نوع سازندها برای دفع پسماند مناسب نیستند (بیک‌محمدی و همکاران: ۱۳۸۹: ۷۷). سنگ های آهکی بخاطر قابلیت نفوذ زیاد، نامناسب تلقی می شود و خاک‌های رسی از نظر منابع آب زیرزمینی ضعیف و در مقابل برای مسئله دفع پسماند مناسب هستند. بیشتر سازندهای زمین-شناسی منطقه آزادشهر و مینودشت از نوع مارن آهکی، باتلاق، سنگ‌های آهکی و ماسه بادی می‌باشد (نامناسب و ٤٥ درصد). در ضمن، خاک‌های رسی ۱۳ درصد منطقه را شامل شده و مناسب برای دفع پسماند می‌باشد. شکل ٤ (الف و ب) نقشه زمین‌شناسی و فازی شده آن را نمایش داده شده است.

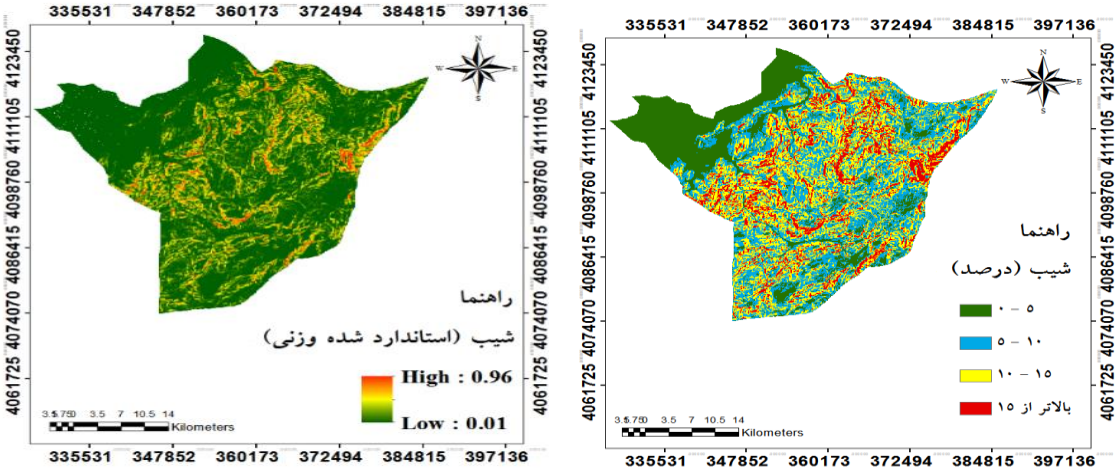


(ب) (الف)

شکل ٤ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) زمین‌شناسی شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر شیب

در شیب‌های تند دفع پسماند چه از نظر جاری شدن شیرابه زباله به هنگام بارندگی چه از نظر اقتصادی (احداث راه-ها، زیرساخت‌ها) با مشکل مواجه می‌شود، از این رو بهترین شیب ممکن بین ۰-٦ درصد بوده است(فرهودی و همکاران، ۱۳۸٤: ۱۳). اگر معیار شیب بالای ۱۵ درجه را به عنوان مکان نامناسب برای دفن زباله در نظر بگیریم، حدود ۷۷٦ کیلومترمربع از منطقه مورد مطالعه برای دفن زباله مناسب نیست و فقط ٤۷۱ کیلومترمربع شرایط مناسب برای دفن را دارد . شکل ۵ (الف و ب) نقشه شیب و فازی شده آن را نمایش داده است.

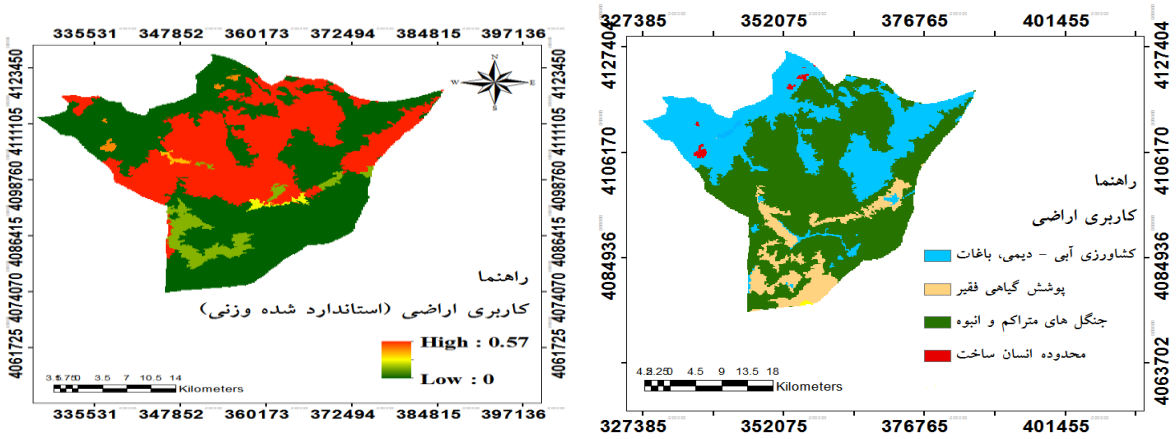


(ب) (الف)

شکل ۵ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) شیب شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر کاربری اراضی

کاربری‌اراضی با توجه به اهمیتی که از بعد محیطی واقتصادی دارند تا حد امکان باید منابع آلوده کننده از آن‌ها دور باشد. بنابراین چون زباله دارای مواد فیزیکی، شیمیایی شیرابه است، علاوه بر اینکه چهره محیط را زشت جلوه داده، در داخل زمین نفوذ کرده و موجب آسیب به ریشه گیاهان ودرختان خواهد شد (محمدی و رستمی، ۱۳۹۹: ١٤). در این تحقیق، کاربری‌اراضی به ٤ طبقه پوشش گیاهی فقیر(مراتع)، اراضی انسان‌ساخت، جنگل متراکم و اراضی کشاورزی آبی، دیمی و باغات (یک کاربری) تقسیم شد. زمین‌های کشاورزی دیمی و آبی و محدوده انسان ساخت با توجه به اهمیت اقتصادی آن به عنوان مکان نامناسب بوده و جنگل هم با توجه به اهمیت آن در سلامت اکوسیستم منطقه و جلوگیری از فرسایش خاک نامناسب می‌باشد. در مجموع در میان کاربری اراضی، با توجه به شرایط اکولوژیکی خاص منطقه، اهمیت مراتع کمتر از جنگل، زمین کشاورزی و منابع آب است، بنابراین در این تحقیق مراتع برای دفن زباله، مناسب و سایر کاربری‌ها نامناسب در نظر گرفته شد. بر این اساس، ۱۲۵ کیلومترمربع برای دفن مناسب و ۹۰ درصد منطقه از نظر کاربری برای دفن مناسب نیست. شکل ٦ (الف و ب) نقشه کاربری اراضی و فازی شده آن را نمایش داده است.

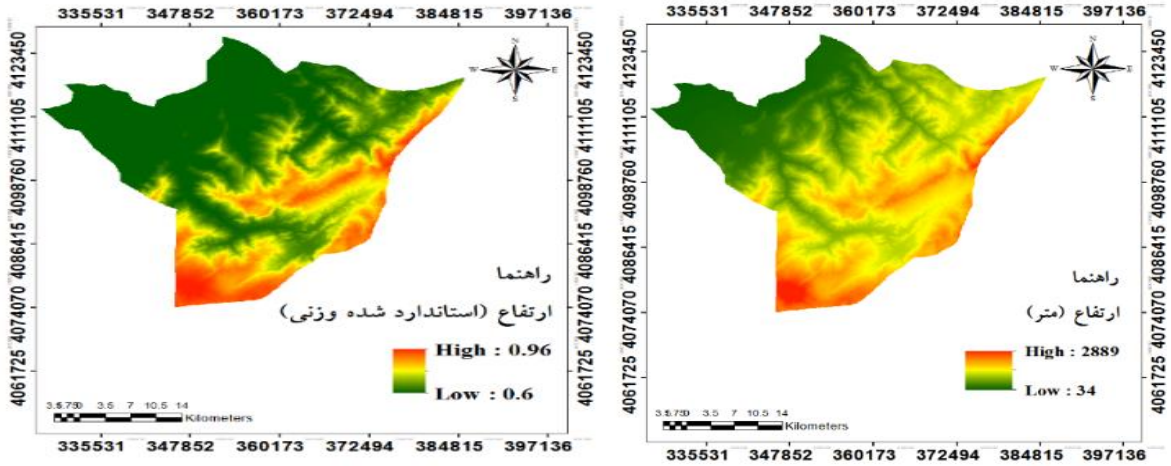


(ب) (الف)

شکل ٦ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) کاربری‌اراضی شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر خطوط ارتفاعی

به دلیل تاثیروضعیت توپوگرافی بر نوع عملیات، روش دفن، طراحی زهکشی‌های منطقه‌ای دفن، نوع تجهیزات موردنیاز، تعیین تراز آب‌های زیرزمینی، تعیین نوع استفاده آتی از زمین، پیش‌بینی توسعه اقدامات آتی و توسعه تجهیزات دفن با ارزش و مهم است (مجلسی، ۱۳۷۱). در مکان‌یابی دفع پسماند، بهترین مکان از نظر خطوط ارتفاعی مکان‌های هستند که دارای ارتفاع پایین و مکان‌های با ارتفاع زیاد مناسب نیستند. در این پژوهش، مناطق با ارتفاع کم مربوط به طبقه کمتر از ۱۰۰۰ متر با مساحت ٤٦ درصد منطقه از این ویژگی برخوردار هستند و ارتفاعات زیاد با مساحت ۱۳ درصد فاقد آن خصوصیات هستند. قسمت‌های شمالی و میانی منطقه دارای ارتفاع کمی هستند و بیشترین مساحت را دارند. شکل ۷ (الف و ب) نقشه ارتفاعی و فازی شده آن را نمایش داده است.



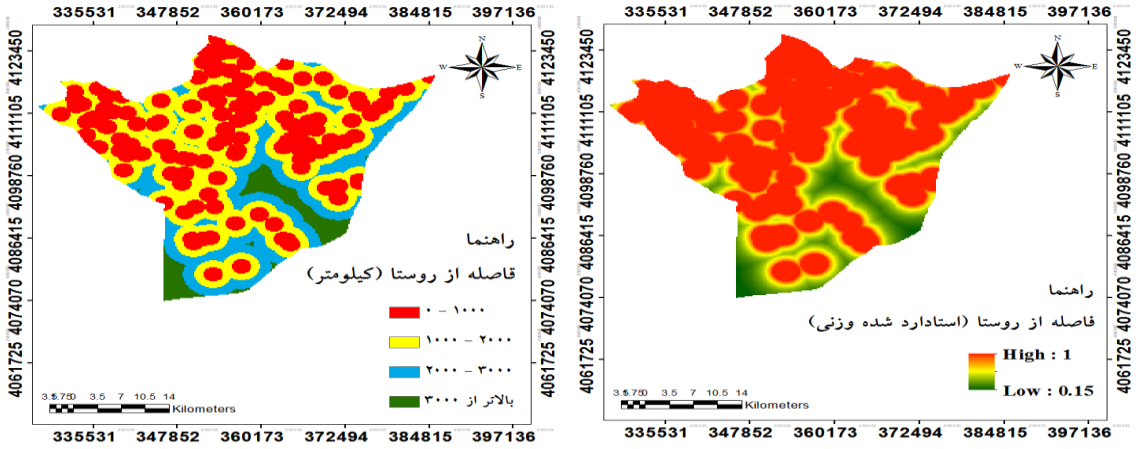
(ب) (الف)

شکل ۷ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) خطوط ارتفاعی شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر فاصله از روستا

مکان دفن زباله باید از مراکز جمعیتی، هتل‌ها، رستوران، تأسیسات فرآوری خوراکی؛ مدارس و پارک‌های عمومی حداقل ۳۰۰ متر فاصله داشته باشد (فرهودی و همکاران، ۱۳۸٤). اصولا زباله علاوه بر اینکه چهره مناطق مسکونی را

زشت جلوه می‌دهد به علت آلودگی‌های هوایی، فیزیکی و آبی که ایجاد می‌کند، می‌تواند سلامت ساکنان منطقه را به خطر بیاندازد. با توجه به اینکه روستاهای محدوده مورد مطالعه دارای جاذبه گردشگری بوده و سالانه حجم زیادی گردشگری وارد این منطقه می‌شود و با توجه به افزایش رشد جمعیت در این روستاها، احتمال افزایش جمعیت وجود دارد، بنابراین در اولویت‌بندی مکان دفن زباله باید اولویت با مکانهای دورتر از روستاها باشد. اگر فاصله بیشتر از ۱ کیلومتری از روستاها را به عنوان مکان مناسب دفن در نظر بگیریم، حدود ۵۹۶ کیلومترمربع از محدوده مورد مطالعه دارای شرایط نامناسب و ٦١ درصد از محدوده برای دفن زباله مناسب است. شکل ۸ (الف و ب) نقشه فاصله از روستا و فازی شده آن را نمایش داده است.



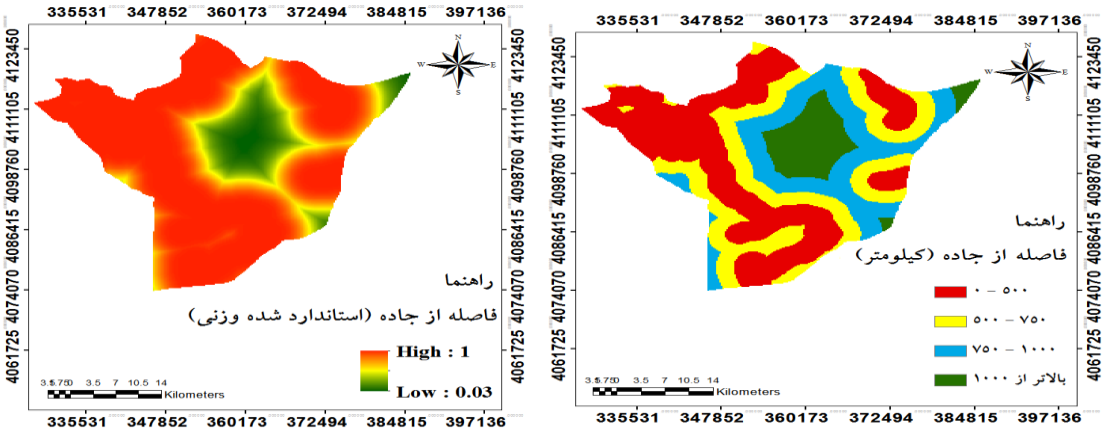
(ب) (الف)

شکل ۸ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده فاصله از روستا (ب) شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر فاصله از جاده

یکی از فاکتورهای مهم اقتصادی وعملکردی انتخاب محل مناسب، دوری و نزدیکی به شبکه راه‌ها است. با توجه به کمبود وسایل حمل و نقل روستایی و شهری به نظر می‌رسد دسترسی آسان به محل دفن از متغیرهای اساسی محسوب می‌شود. همچنین فاصله از جاده یک پارامتر زیست‌محیطی است، زیرا بوی نامطلوب پسماند و همچنین از نظر زیباشناختی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مقاله حریم راه‌های آسفالت و شوسه یکسان در نظر گرفته شده است مکان دفن زباله باید از شبکه جاده اصلی حداقل ۸۰ متر و حداکثر یک کیلومتر فاصله داشته باشد (فرهودی و همکاران،۱۳۸۰).

در این تحقیق از آنجا که کنار جاده‌ها به عنوان مکان‌های توریستی بوده و مردم از آن به عنوان سیاحتگاه استفاده می‌کنند، مکان مناسب فاصله بیشتر از ۵۰۰ متر در نظر گرفته شده است. بنابراین، اگر فاصله ۵۰۰ متری از جاده‌ها برای دفن زباله مناسب در نظر گرفته شود حدود ٦٩٢ کیلومترمربع از محدوده نامناسب و ٥٦ درصد از محدوده برای دفن زباله مناسب است. شکل ۹ (الف و ب) نقشه فاصله از جاده و فازی شده آن را نمایش داده شده است.

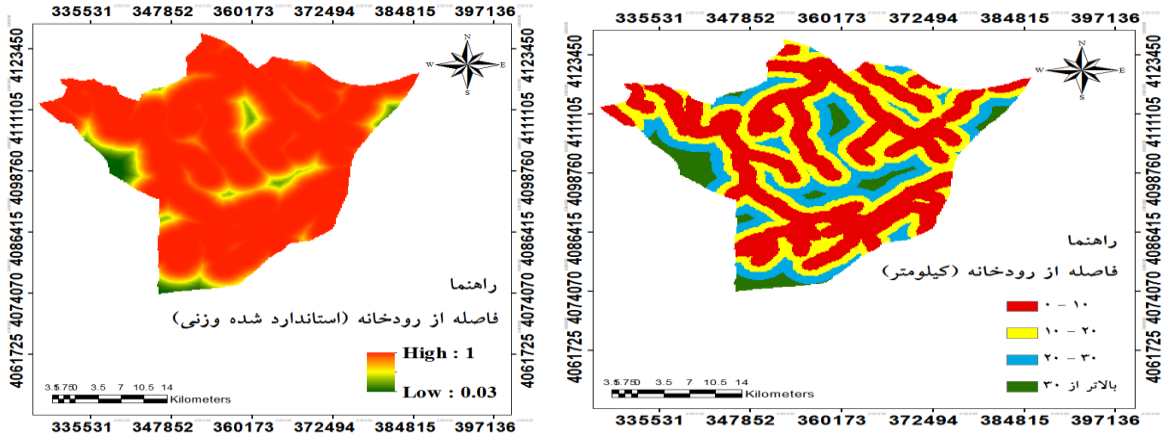


(ب) (الف)

شکل -۹ نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده فاصله از جاده (ب) شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر فاصله از رودخانه

رودخانه‌ها و اطراف آن خطراتی نظیر طغیان آب، فرسایش و لغزش شدید دیده می‌شود و جهت محل دفن پسماند مناسب نیستند. زیرا نزدیک بودن به رودخانه باعث آلودگی آب‌های سطحی شده و به مناطق دیگر هم انتقال پیدا می نماید (فرجی‌سبکبار و همکاران، ۱۳۸۸: ۱٤٤). در مکانیابی دفن زباله باید حریم رودخانه‌ها رعایت شود و محل دفن باید از بستر رودخانه‌ها دور باشد تا سبب آلودگی آبهای سطحی و همچنین انتقال آن به سایر مناطق نشود. برخی منابع حداقل فاصله را از مدفن ۱۵۰–۱۰۰ متر و برخی دیگر ٦۰۰–۳۰۰ متر را در نظر گرفته‌اند (فرجی‌سبکبار و همکاران، ۱۳۸۸). اگر فاصله ۳۰۰ متری از آبراهه‌ها را برای دفن زباله مناسب در نظر گرفته شود حدود ۲۲۳ کیلومترمربع از محدوده مناسب و ۸٦ درصد از محدوده برای دفن زباله نامناسب است. شکل ۱۰ (الف و ب) نقشه فاصله از رودخانه و فازی شده آن را نمایش داده است.

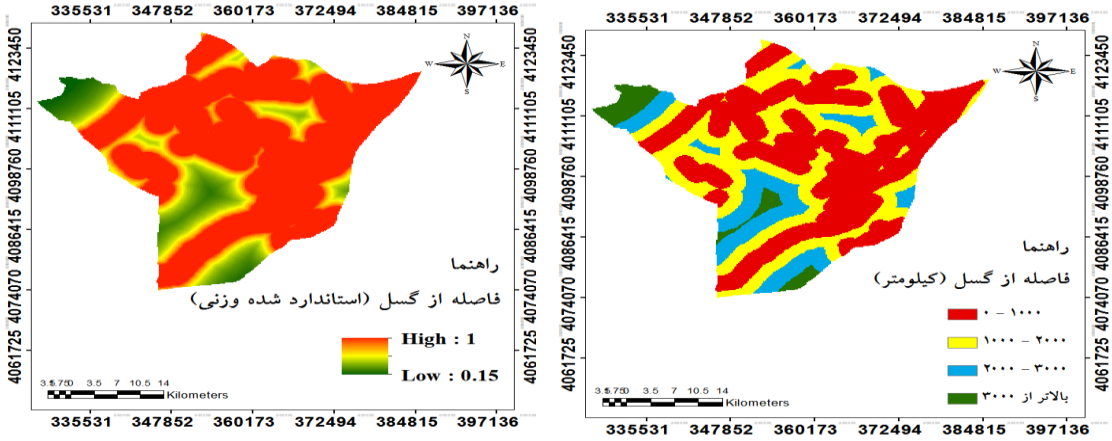


(ب) (الف)

شکل ۱۰ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده فاصله از رودخانه (ب) شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر فاصله از گسل

محل دفن زباله باید خارج از محدوده گسل باشد، چون معمولا در محل گسل‌ها درز و شکاف بسیار زیاد بوده و همین مساله سبب افزایش نفوذپذیری پساب‌های زباله در منطقه می‌شود و همچنین در گسل‌های فعال خطر تخریب مدفن توسط حرکات لرزه‌ای هم وجود دارد. حداقل فاصله از گسل و شکستگی‌ها باید بین ۱۰۰ متر تا ۵۰۰ متر فاصله داشته باشد (حیدرزاده، ۱۳۸۲؛ نگارش، ۱۳۸٤: ۹۳). این فاصله هرچه بیشتر باشد، بهتر است و به نوع درجه خطرپذیری گسل بستگی دارد. اگر فاصله بیشتر از ۱۰۰۰ متری از گسل را برای دفن زباله مناسب در نظر بگیریم، حدود ۸٦۷ کیلومترمربع از منطقه مورد مطالعه برای دفن مناسب و ٤٥ درصد از محدوده شرایط نامناسب را برای دفن دارد. شکل ۱۱ (الف و ب) نقشه فاصله از گسل و فازی شده آن را نمایش داده است.

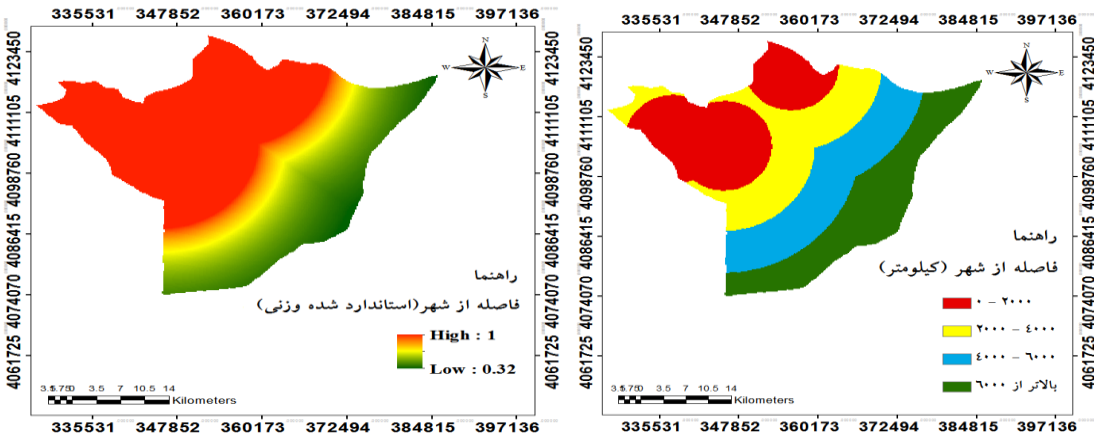


(ب) (الف)

شکل ۱۱ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) فاصله از گسل شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر فاصله از شهر

امروزه به عنوان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری دفع پسماند می‌باشد. افزایش حجم زباله‌ها از یک سو و تنوع گوناگونی آن‌ها از سوی دیگر موجب می‌کند تا حد فاصل محدوده‌های دفع پسماند با شهر تعیین شود. طبق نتایج، فاصله بیشتر از ٦۰۰۰ متری به مناطق شهری، با سطح ٦۵۷ کیلومترمربع مناسب برای دفن پسماند و فاصله کمتر از آن، با سطح ۵۸ درصد نامناسب برای دفن پسماند می‌باشد. شکل ۱۲ (الف و ب) نقشه فاصله از شهر و فازی شده آن را نمایش داده شده است.

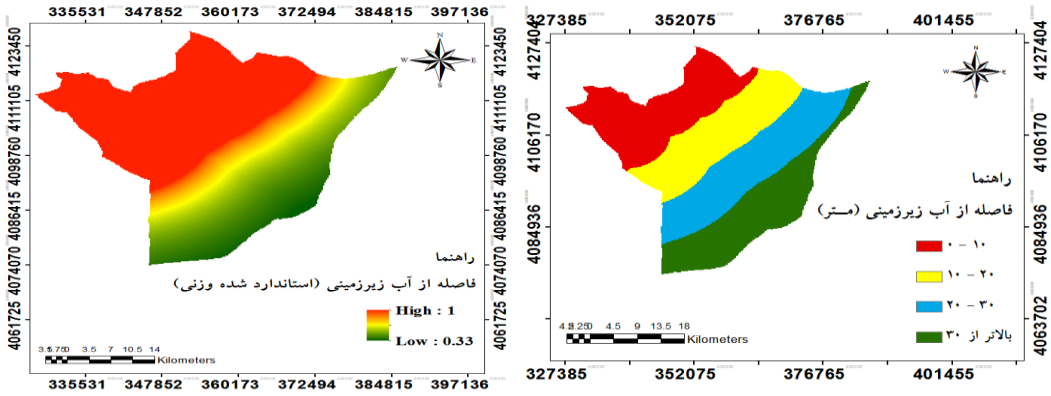


(ب) (الف)

شکل ۱۲ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) فاصله از شهر شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر فاصله از آب‌های زیرزمینی

پتانسیل آلوده‌سازی آب‌های زیر زمینی توسط شیرابه به شدت وابسته به وضعیت فیزیکی محل دفن، خلل و فرج خاک در منطقه تخلیه و محل استقرارخط ایستابی آب‌های زیرزمینی است (سرخی، ۱۳۸٤). در مناطقی که آب‌های زیرزمینی به سطح نزدیک هستند، نباید به عنوان مکان دفع پسماند در نظر گرفته شوند زیرا شیرابه‌های ایجاد شده از زباله‌ها وارد سفره‌های زیرزمینی شده و آن‌ها را آلوده می‌کند و زیان‌های زیست‌محیطی ایجاد می‌کند. البته هنوز میزان مشخص جهت فاصله کف سلول دفن تا سطح ایستابی آب معین نشده است و مراجع مختلف محدود ۷ تا ۱۵ متری را برای حداقل فاصله پیشنهاد کرده اند (سعیدنیا، ۱۳۸۳؛ (Baghchi, 1994). طبق نتایج، فاصله کمتر از ۱۰ متری از آب زیرزمینی، با سطح ٤٥٦ کیلومترمربع نامناسب برای دفن پسماند و فاصله بیشتر از آن، با ۷۱ درصد سطح منطقه، مناسب برای دفن پسماند می‌باشد. شکل ۱۳ (الف و ب) نقشه فاصله از آب‌های زیرزمینی و فازی شده آن را نمایش داده است.

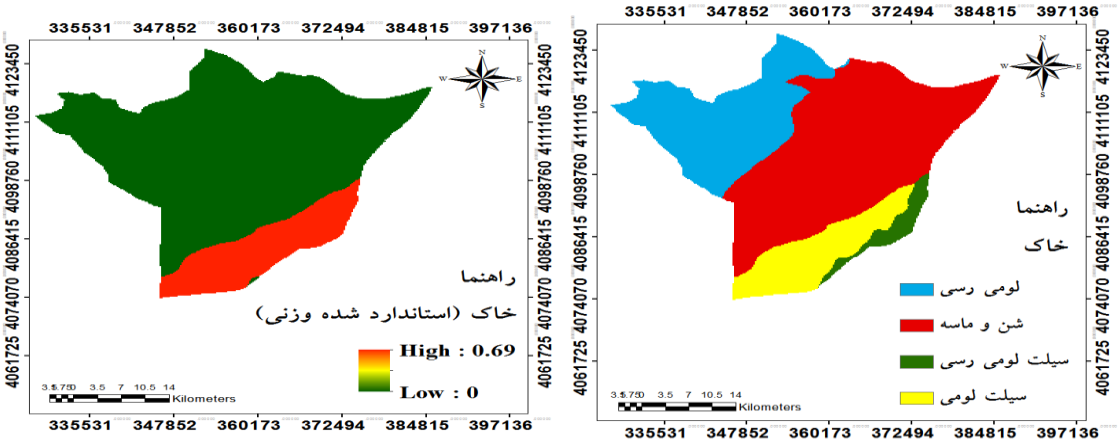


(ب) (الف)

شکل ۱۳ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) فاصله از آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر خاک

خاک‌های لومی‌سیلتی، شن و ماسه به دلیل بافت درشتی که دارند به راحتی شیرابه‌های ایجاد شده از زباله‌ها را وارد زمین می‌کنند و این نوع خاک‌ها نامناسب برای دفن پسماند می‌باشند. براساس نتایج حاصل از جدول امتیاز وزنی و پراکندگی خاک در سطح منطقه، پهنه‌های کاملا" مناسب و مناسب به ترتیب با ۳۰ و ٤ درصد(٤٦٤ و ٥٤ کیلومترمربع) برای دفن پسماندها در اولویت قرار گرفته‌اند شکل ١٤ (الف و ب) نقشه خاک و فازی شده آن را نمایش داده است.

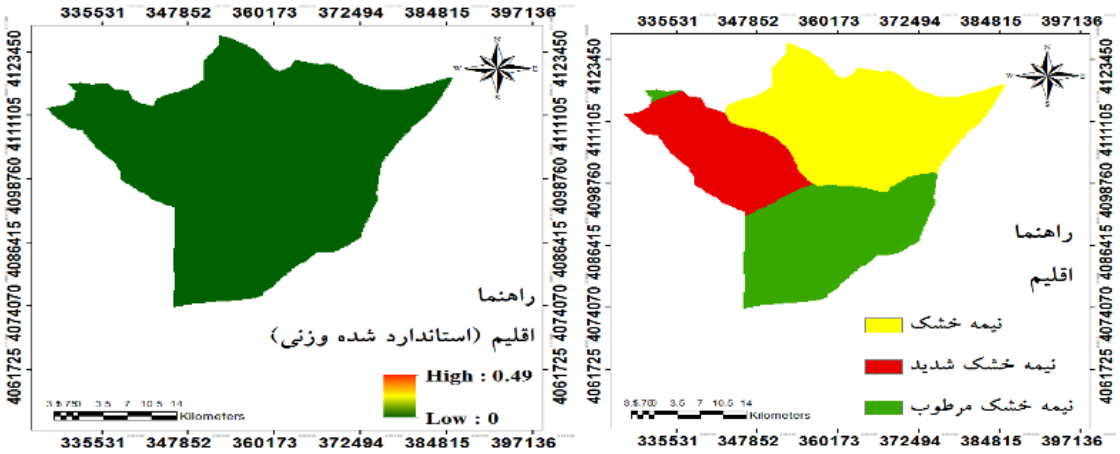


(ب) (الف)

شکل ١٤ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده خاک (ب) شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر اقلیم

بیشتر پسماندها که در طبیعت رها می‌شوند، زمان‌های متفاوتی برای تجزیه طی می‌کنند هم به دلیل نوع مواد ساخته شده آن‌ها و هم شرایط لازم برای تجزیه مواد. یکی از دلایل در این مورد شرایط آب و هوایی یا همان اقلیم است. در مناطق خشک و بیابانی مواد زودتر شروع به تجزیه می‌کنند اما در آب و هوای سرد و مرطوب این روند به آهستگی صورت می‌گیرد (احمدی، ١٣٩٦: ٦٢). منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای نیمه خشک، شدید و مرطوب می‌باشد. طبق نتایج مناطق نیمه‌خشک و نیمه‌خشک شدید با ٨٣ درصد مساحت منطقه، مناسب برای دفن بوده و مناطق نیمه‌خشک مرطوب نسبتا" نامناسب برای دفن پسماند ٢٧ درصد منطقه را در بر می‌گیرند. شکل١٦ (الف و ب) نقشه اقلیم و فازی شده آن را نمایش داده است.

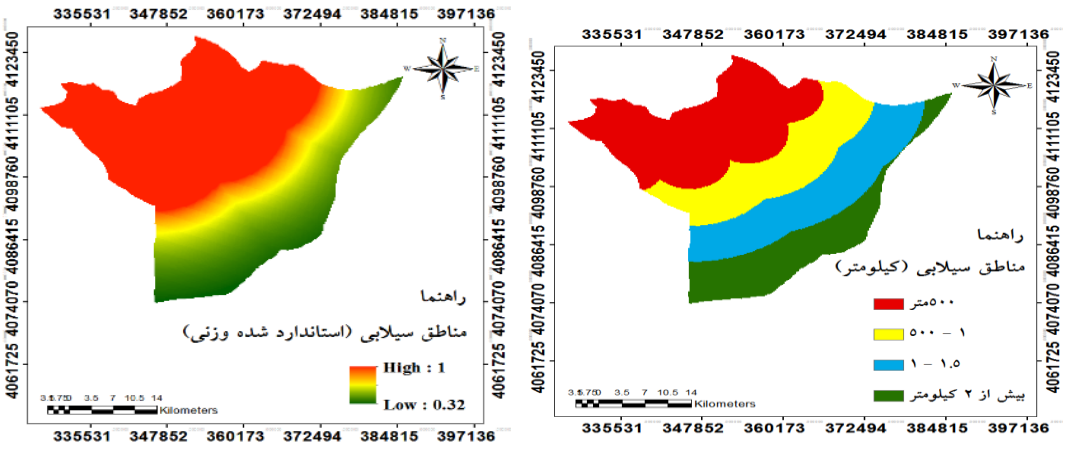


(ب) (الف)

شکل ۱٦ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده پوشش گیاهی (ب) شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغیر مناطق سیلابی

در زمان سیلاب، آسیب سازه‌های محافظ چاه‌ها و چشمه‌ها ممکن است منجر به آلودگی آب آشامیدنی شود. به علت بالا آمدن سطح آب انواع زباله در نقاط مختلف پخش می‌شوند که جمع‌آوری و دفع آن‌ها مشکل مهمی ایجاد می‌کند. پس مکان‌های دفع پسماند نباید در نزدیکی مناطق سیل‌خیز باشد. با توجه به اهمیت فاصله از مناطق سیلابی، اگر فاصله کمتر از ۵۰۰ متری از مناطق سیلابی را برای دفن زباله نامناسب در نظر گرفته شود، حدود ٤۸۲ کیلومترمربع از محدوده مورد مطالعه، نامناسب و ٦۹ درصد از محدوده برای دفن زباله مناسب است. شکل۱۷ (الف و ب) نقشه مناطق سیلابی و فازی شده آن را نمایش داده شده است.



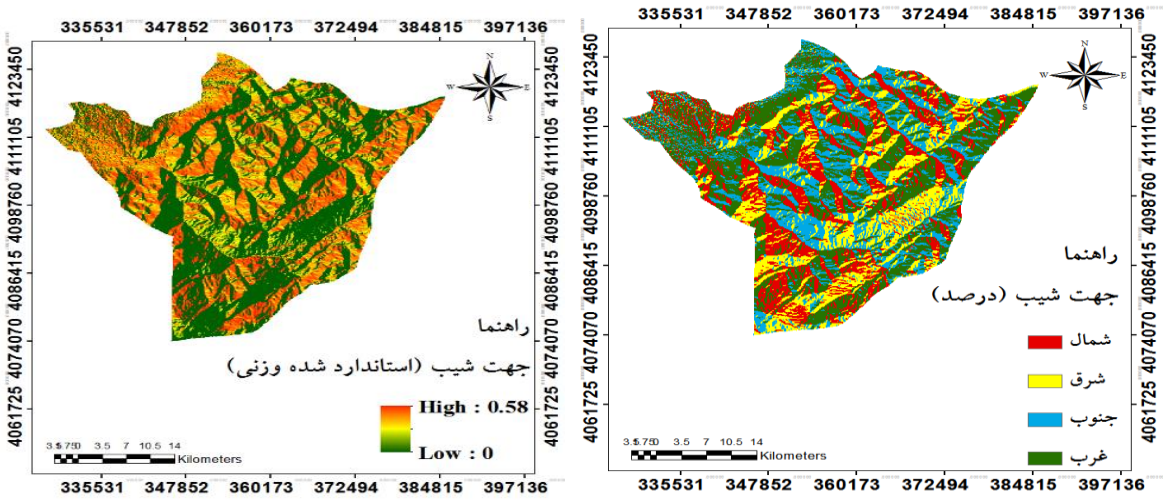
(ب) (الف)

شکل ۱۷ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده (ب) مناطق سیلابی شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

متغییر جهت شیب

جهت حداکثر تغییرات شیب است که بر حسب زاویه بیان می‌شود (عظیمی حسینی و همکاران، ۱۳۸۹: ٦۸). در زمینه مکان‌یابی دفن پسماند، دامنه آفتابگیر به جهت توانایی میکروب‌زدایی و ایجاد گرمایش لازم جهت تجزیه مواد زائد بهترین مکان جهت دفن پسماند می‌باشد. طبق نتایج، جهت شمال و غرب با ٤۹ درصد سطح منطقه نامناسب، شرق

و جنوب با ۵۱ درصد سطح منطقه، مناسب برای دفن می‌باشد. شکل۱۸(الف و ب) نقشه جهت شیب و فازی شده آن را نمایش داده شده است.



(ب) (الف)

شکل ۱۸ : نقشه پایه (الف) و نقشه استاندارد شده جهت شیب (ب) شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

تکنیک[1] AHP فازی

با توجه به نتایج به دست آمده از نظر کارشناسان در مدل AHP فازی جدول مربوطه تنظیم گردید (جدول ۳). در ضمن جدول ٤، وزن نهایی معیارها در روش AHP فازی را نشان **می‌دهد**. پس از عملیات استانداردسازی نتایج به دست آمده از مدل AHP فازی، مناطق مکان‌یابی به ٤ کلاس تقسیم شدند (جدول ٥) که در عملگر AND مناطق کاملا" مناسب ۸/٦ درصد در قسمت شرق و جنوب (شکل ۱۹)، در عملگر OR مناطق کاملا" مناسب ۵۲ درصد در شمال و غرب منطقه را شامل (شکل۲۰)، عملگر Product بیشتر منطقه را نامناسب برای دفع پسماند لحاظ و به میزان کمی در شرق منطقه (۲ درصد) مناسب شناسایی کرده (شکل ۲۱)، عملگر Sum مناطق کاملا" مناسب ۱۲ درصد در قسمت شرق و جنوب (شکل ۲۲) و عملگر Gamma (با ضرایب ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹) به ترتیب مناطق کاملا" مناسب را ۳٦، ۳۱، ۲۵ و ۱۹ درصد را شامل شده و عمدتا در قسمت شرق و جنوب منطقه دیده می‌شود (اشکال ۲۳، ۲٤، ۲۵ و ۲٦). با توجه به روش AHP فازی تنها در عملگر OR سایت دفع پسماند در منطقه کاملا" مناسب و غرب منطقه مورد مطالعه قرار دارد.

[1] **MCDM**

جدول ۳: ماتریس مقایسات زوجی معیارها در روش AHP فازی

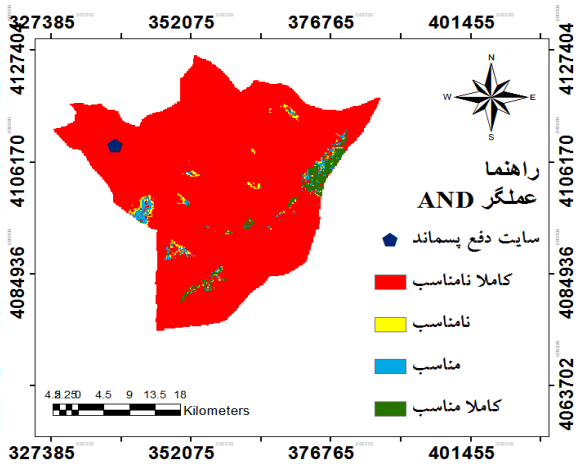
	ف جاده	ف شهر	ف روستا	ف گسل	ف رود	ف زیرزمینی	خاک	شیب	ارتفاع	جهت	زمین	اقلیم	سیل	کاربری
فاصله از جاده	۱	۱/٦	۱/٦	۱/٤	۰/٦	۰/٦	۱/٤	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/٦	۰/٦	۰/٦	۰/۸	۱/٦
فاصله از شهر	۰/۷۷	۱	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۷۱	۱/٦٦	۱/٤	۱/٥	۱/۷۲	۱/٥	۰/٤۲	۱/۳۲	۰/٦	۰/۷۱
فاصله از روستا	۰/۷۷	۰/۷	۱	۰/٥٥	۰/٥٥	۱/٦٦	۰/۷۱	۱/٥	۱/٥	۱/٦	۰/۷۱	۰/۷۷	۱/٥	۰/۷۱
فاصله از گسل	۱/٦٦	۱/٦٦	۱/٦٦	۱	۱/٦٦	۰/٦	۱/٦٦	۰/٦	۰/٦	۰/٥٤	۰/٤۲	۰/۳۳	۰/٤۲	۰/۷۱
فاصله از رودخانه	۱/٤۲	۱/۳۲	۰/٤۲	۰/٤۲	۱	۰/۷۱	۰/٤۲	۰/۳۳	۰/٦	۰/۷۱	۰/۸	۰/۷۱	۰/۷۱	۱/٦
فاصله از آب زیرزمینی	۱/٦٦	۱/٦٦	۰/٦٦	۰/٦	۱/٦٦	۱	۱/۳۲	۱/۳۲	۰/٦	۰/٤۲	۱/٦٦	۰/۳۳	۰/۳۳	۱/٤
پوشش گیاهی	۰/٦٦	۰/٤۲	۱/٦٦	۰/٦	۰/٤۲	۰/۳۳	۰/٦٦	۰/۳۳	۰/٦٦	۰/٦	۰/٦٦	۰/٤۲	۰/٥٤	۰/٦٦
خاک	۰/٦	۱/٤	۰/٤۲	۰/۳۳	۰/٦٦	۰/٦	۱	۱/۳۲	۰/٦	۱/٦٦	۰/٦	۰/٤۲	۰/٦٦	۰/٥٤
شیب	۱/٤	۱/٤	۱/٤	۰/٦	۱/٦٦	۰/٦	۱/٦	۱	۰/٦	۰/٦	۰/٤۲	۰/۷۱	۱/٦٦	۱/٤
ارتفاع	۰/٤۲	۰/٦	۱/٤	۱/٦٦	۰/٦٦	۱/٦۱	۰/۳۳	۰/٤۲	۱	۰/٦٦	۰/٦٦	۰/۷۳	۱/۳۲	۰/٤۲
جهت شیب	۱/۳۲	۰/٤۲	۰/٦	۰/٦	۰/٤۲	۰/٤۲	۰/۷۱	۰/٦	۰/٦	۱	۰/٦	۱/٦	۰/۷۱	۱/٤
زمین	۱/۲	۰/٦	۰/٤۲	۰/٦٦	۰/٦	۰/٦٦	۰/۷۱	۰/٤۲	۰/٤۲	۰/٦٦	۱	۱/٤	۰/٥٤	۱/٤
اقلیم	۰/۷۲	۰/٤۲	۰/٦	۰/۷٥	۰/٤۲	۰/٦	۰/۷۲	۰/٦	۱/٦	۰/۷۲	۰/۷٥	۱	۰/۳۳	۱/۳۲
سیلاب	۱/٤	۰/٦	۰/٦٦	۰/٦	۱/٦٦	۱/٦	۰/٦	۰/٤۲	۰/٦	۰/٦	۰/٦	۰/۷۲	۱	۰/٤۲
کاربری	۱/٤	۱/٤	۱/٤	۰/٤۲	۰/۳۳	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/٦	۰/٦	۰/٦	۰/٦	۰/٦	۰/٤۲	۱

جدول ٤: وزن نهایی معیارها در روش AHP فازی

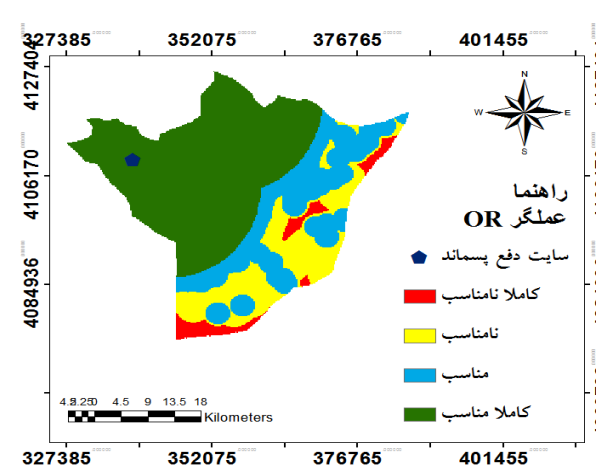
معیار	وزن
اقلیم	۰/۰۷۲
فاصله از مناطق سیل‌خیز	۰/۰٦۹
جهت شیب	۰/۰٦۹
فاصله از جاده	۰/۰۷۰
فاصله از شهر	۰/۰۸۹
فاصله از روستا	۰/۰۷٤
فاصله از گسل	۰/۰٦۸
شیب	۰/۰٦۸
خطوط ارتفاعی	۰/۰۷۰
زمین‌شناسی	۰/۰٦۷
خاک‌شناسی	۰/۰٦۸
کاربری اراضی	۰/۰۷۳
آب‌های زیرزمینی	۰/۰٦۷
فاصله از رودخانه	۰/۰۷٦

جدول ۵: مساحت مناطق در عملگرهای فازی به صورت درصد

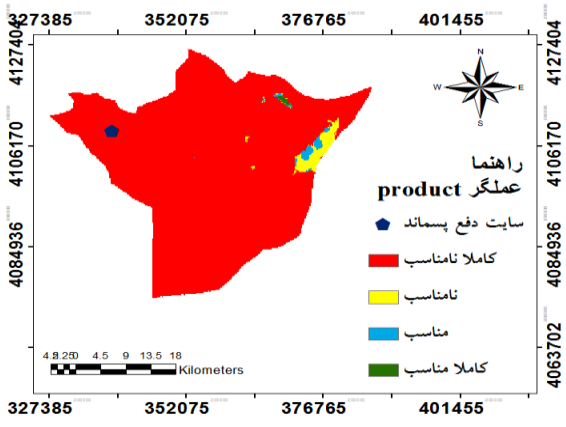
توصیف	AND	OR	Product	SUM	Gamma 0.3	Gamma 0.5	Gamma 0.7	Gamma 0.9
کاملا" نامناسب	۷۷/۷	۸	۷۱	۳۷	۱۸	۱٦	۲۰	۳۲
نامناسب	۷/۵	۱۷	۲۳	۲۵	۱۹	۲٦	۲۸	۲٤
مناسب	٦/۲	۲۳	٤	۲٦	۲۹	۲۷	۲۹	۲۵
کاملا" مناسب	۸/٦	۵۲	۲	۱۲	۳٦	۳۱	۲۵	۱۹



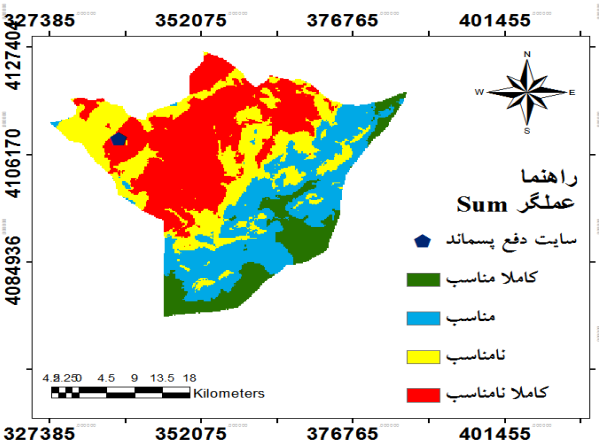
شکل ۱۹: عملگر AND



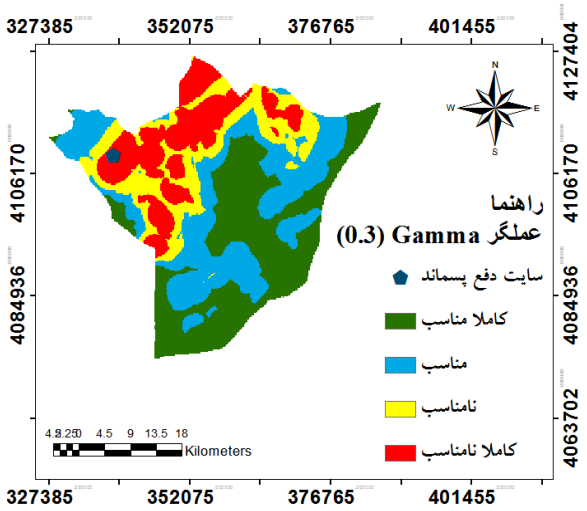
شکل ۲۰: عملگر OR



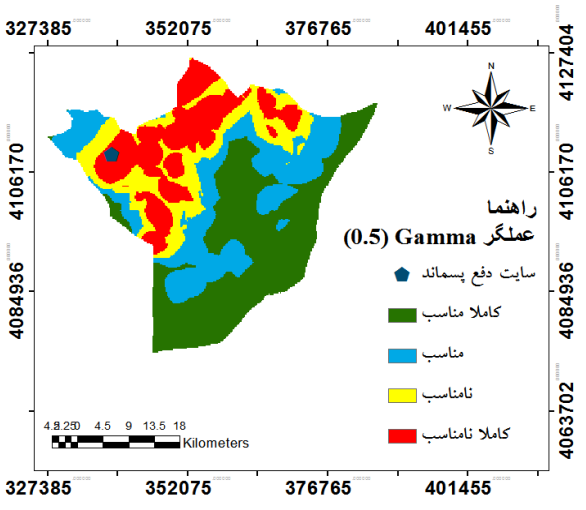
شکل ۲۱: عملگر Product



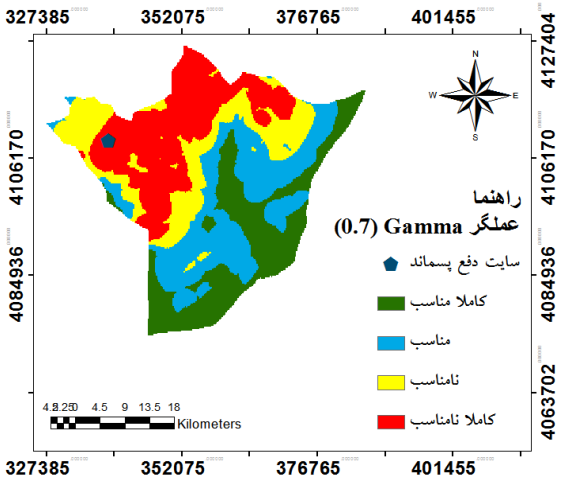
شکل ۲۲ عملگر SUM



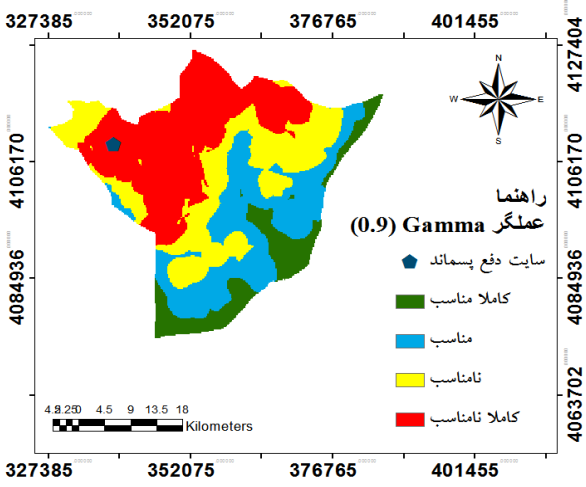
شکل۲۳: عملگر گاما ۰/۳



شکل۲٤: عملگر گاما ۰/۵



شکل۲۵: عملگر گاما ۰/۷



شکل ۲٦ : عملگر گاما ۰/۹

فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP

با بررسی منابع مکان‌های دفن پسماند، معیارها وشاخص‌هایی در قالب سه دسته توپوگرافی، زیرساخت و هیدرولوژیکی سازماندهی شدند. در داخل هرخوشه عناصر و معیارهای مربوطه جای می‌گیرند. عناصر هر خوشه ضمن آنکه در داخل خود به هم مربوط می‌شوند، برخی از آن‌ها با عناصر سایر خوشه‌ها نیز وابسته است. سپس مقایسه‌های زوجی ما بین خوشه‌ها و عناصر بر اساس مقیاس اهمیت ساعتی، انجام گرفت در نهایت سه ابر ماتریس غیروزنی، وزنی و حدی مورد محاسبه قرار گرفت و میزان اهمیت گزینه‌ها یا رده‌ها تعیین شد. سپس اهمیت هر یک از معیارهای مؤثر در انتخاب محل دفن پسماند منطقه به دست آمده و در آخر با توجه به ضرایب حاصل، نقشه مکان‌یابی محل دفن پسماند در پنج‌کلاس کاملا مناسب تا کاملاً نامناسب تهیه شد (شکل ۲۷، ۲۸).

شکل ۲۷ : ساختار موضوع در تحلیل شبکه‌ای و ماتریس مقایسه دودویی

Super Decisions Main Window: 11.sdmod: Limit Matrix

Cluster Node Labels		زیرساختها				عوامل توپوگرافي			
		فاصله از جاده	فاصله از روستا	فاصله ازشهر	کاربري	ارتفاع	خاکشناسي	زمين شناسي	شيب
زیرساخت ها	فاصله ازشهر	0.000000	0.000000	0.120040	0.120040	0.000000	0.000000	0.120039	0.120040
	کاربري	0.000000	0.000000	0.112002	0.112002	0.000000	0.000000	0.112002	0.112002
عوامل توپوگرافي	ارتفاع	0.000000	0.000000	0.087930	0.087930	0.000000	0.000000	0.087930	0.087930
	خاکشناسي	0.000000	0.000000	0.104267	0.104267	0.000000	0.000000	0.104267	0.104267
	زمين شناسي	0.000000	0.000000	0.157718	0.157718	0.000000	0.000000	0.157718	0.157718
	شيب	0.000000	0.000000	0.094420	0.094420	0.000000	0.000000	0.094420	0.094420
عوامل زمین شناختي و هیدرولوژیکي	فاصله از آبهاي زیرزميني	0.000000	0.000000	0.012784	0.012784	0.000000	0.000000	0.012784	0.012784
	فاصله از رودخانه	0.000000	0.000000	0.065954	0.065953	0.000000	0.000000	0.065954	0.065954

Done

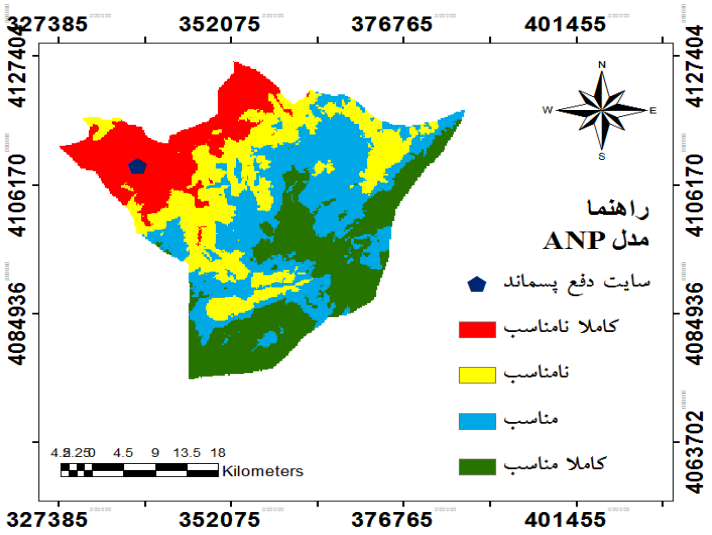
شکل ۲۸ : تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به سوپر ماتریس حد

نتایج نهایی عناصر در مرحله آخر ضرایب سوپرماتریس در ضرایب ماتریس خوشه‌ها نرمال شده وکلیه امتیازات جدول را باهم جمع می‌شوند و هر یک از امتیازات را برکل تقسیم شده، در نهایت نتیجه نهایی عناصر و اولویت‌های آن مشخص گردید. جدول ٦ نتیجه نهایی نرمال شده مدل ANP را نشان می‌دهد.

جدول ٦: وزن نهایی معیارها در روش ANP

معیار	وزن
اقلیم	۰/۰۷۲
فاصله از مناطق سیل‌خیز	۰/۰۷٤
جهت شیب	۰/۰۸۳
فاصله از جاده	۰/۰۹۹
فاصله از شهر	۰/۰۸۰
فاصله از روستا	۰/۰۸۲
فاصله از گسل	۰/۰٦۹
شیب	۰/۰۸٦
خطوط ارتفاعی	۰/۰۹
زمین‌شناسی	۰/۰۸۸
خاک‌شناسی	۰/۰٥۰
کاربری اراضی	۰/۰٦٥
آب‌های زیرزمینی	۰/۰٦۲

با توجه به نتایج روش ANP نقشه مکان‌یابی دفن پسماندهای شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت به دست آمد و از نظر مکان دفن بهینه پسماندهای شهری، شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت به پنج گروه کاملاً مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، نامناسب و کاملاً نامناسب طبقه‌بندی شده است (شکل ۲۹). طبق نتایج، ۲۵ درصد منطقه کاملا" مناسب برای دفع پسماند، ۳۱ درصد مناسب برای پسماند، ۲۵ درصد نامناسب برای دفع پسماند و ۱۹ درصد کاملا" نامناسب برای دفع پسماند منطقه می‌باشد و سایت دفع پسماند(حال حاضر) در منطقه نامناسب قرار گرفته است (جدول ۷).



شکل ۲۹ : نقشه نهایی از مدل ANP شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت

جدول ۷: مساحت مکانیابی هر یک از طبقات به روش ANP

توصیف	درصد	مساحت(کیلومترمربع)
کاملا نامناسب	۱۹	۲۹٤
نامناسب	۲۵	۳۹٦
مناسب	۳۱	٤۸۵
کاملا مناسب	۲۵	۳۹۸

بحث و نتیجه‌گیری

محل و دفع نامناسب مواد زائد سهم بزرگی از کل آلودگی محیط زیست را تشکیل می‌دهد و اثرات زیان‌بار آن در ایجاد بحران‌های زیست‌محیطی کاملاً مشهود است. انتخاب و تعیین سایت دفن زباله‌ها به دلیل تأثیرات بیولوژیکی و اکولوژیکی که در منطقه خواهد داشت بسیار حساس می‌باشد. تکنیک GIS، به علت توانایی آن در مدیریت حجم زیادی از اطلاعات فضایی، ابزاری نیرومند برای این نوع مطالعات اولیه به شمار می‌رود. علاوه بر این استفاده از روش AHP فازی و ANP برنامه‌ریزان برای حل معضلات پیچیده‌ای که در امر مدیریت با آن روبرو هستند، به کار گرفته می‌شود. در نتیجه تلفیق تکنیک GIS و مدل‌های AHP فازی و ANP این امکان را فراهم می‌آورد که با استفاده از توابع و تحلیل معیارهای تصمیم‌گیری و رتبه‌بندی آلترناتیوها، مناسب‌ترین گزینه را در این پژوهش مکانیابی دفن زباله است، انتخاب نمایند. با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی، زیرساخت و توپوگرافی محدوده مورد مطالعه و اهداف طرح ریزی شده، می‌توان گفت که پارامترهای مورد استفاده در مکانی‌ابی بهینه دفن زباله متفاوت است. در این پژوهش

از ١٤ معیار زمین‌شناسی، خاک، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از روستا، فاصله از شهر، فاصله از مناطق سیلابی، فاصله از آب‌های زیرزمینی، ارتفاع، اقلیم، کاربری‌اراضی، شیب و جهت شیب مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به نتایج به دست آمده فاصله از شهر در مدل AHP فازی با وزن ۰/۰۸۹ ، فاصله از رودخانه با وزن ۰/۰۷٦، فاصله از روستا با وزن ۰/۰۷٤، فاصله از جاده با وزن ۰/۰۷۰ و ..... از نظر اهمیت بعد از معیار شهر قرار گرفته‌اند، در مدل ANP فاصله از جاده با وزن ۰/۰۹۹، کاربری‌اراضی با وزن ۰/۰۸۸، مناطق سیلابی با وزن ۰/۰۹۰، خاک با وزن ۰/۰۸٦ بیشترین مقدار را به خود بعد از معیار فاصله از جاده اختصاص داده‌اند.

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان پهنه‌های دفع پسماند شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت را به چهار کلاس طبقه‌بندی نمود. بر اساس نتایج، پهنه‌های کاملا" مناسب و مناسب به روش AHP فازی در عملگرهای AND برابر ۸/٦ و ٦/۲ درصد، عملگر OR برابر ۵۲ و ۲۳ درصد، عملگر Product برابر ۲ و ٤ درصد، عملگر Sum برابر ۱۲ و ۲٦ درصد، عملگر Gamma (با ضرایب ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۰/۹ برابر ۳٤، ۳۱، ۲۵ و ۱۹ درصد(کاملا" مناسب) و در مدل ANP برابر ۲۵ و ۳۱ درصد در بخش‌های شرق و جنوب شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت در اولویت طرح‌های دفن پسماند قرار می‌گیرند. روش AHP فازی و ANP کارایی بسیاری در مکانیابی دفن پسماند را دارا هستند. و این روش‌ها چارچوبی را برای حل مشکلات مربوط به انتخاب محل دفن پسماند فراهم می‌کنند و می‌توانند زمینه رفع مشکلات نظری و عملی مکان‌یابی محل دفن پسماند را فراهم کنند. این مطالعه میتواند به عنوان یک راهنما برای برنامه‌ریزی و مکانیابی دفن پسماند باشد. مناطق مناسب در هر دو مدل بخش جنوب، شرق و میانه منطقه قرار دارند و باید گفت این مکان‌ها به دلیل حداکثر فاصله از شهر، جاده، گسل، رودخانه، شیب نسبتا مناسب ، نوع خاک لومی رسی و سازندهای زمین مناسب و نفوذپذیری پایینی دارا بوده و مانع ورود شیرابه‌ها به درون زمین می‌شوند و این مسئله از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی جلوگیری می‌کند به عنوان مکان‌های مناسب برای دفع پسماند و مناطق نامناسب به دلیل نزدیکی به شهر، رودخانه‌ها، نوع خاک و زمین مکان‌های نامناسب شناسایی شدند. در حال حاضر دفن پسماند شهرستان آزادشهر و مینودشت در سایت شمال غرب شهرستان‌های آزادشهر و مینودشت انجام می‌گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده این سایت در مکان نامناسب برای دفع پسماند قرار گرفته است.

منابع و مأخذ

– اصغرپور، محمد. ۱۳۸۸. تصمیم گیری‌های چند معیاره تهران . انتشارات دانشگاه تهران . ۳۱۹.

– احمدی، منیره. ۱۳۹٦. تعیین موقعیت بهینه دفن پسماندها در استان زنجان. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۲، صص ۵۱–٦۸.

– افضلی، افسانه؛ میرغفاری، نورا...؛ سفیانیان، علیرضا. ۱۳۹۲. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری: مطالعه موردی شهرستان نجف‌آباد، بوم‌شناسی کاربردی، سال دوم، شماره ششم.ص ۲۷–۳۷.

– بیک‌محمدی، حسن؛ مومنی، مهدی؛ زارعی، اعظم. ۱۳۸۹. مکانیابی بهینه دفن پسماند در شهرها با استفاده **GIS** مطالعه موردی شیراز، جغرافیا و مطالعات محیطی، شماره ٤، صص ٦۵–۸۱.

– پوراحمد، احمد؛ رجایی، سیدعلی؛ رحمانی‌اصل، محمد. ۱۳۹۸. پهنه‌بندی و تعیین قابلیت اراضی جهت دفن پسماندهای شهری با استفاده از روش Fuzzy-AHP در محیط GIS مطالعه موردی: شهر قلعه گنج، نشریه علمی – پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۸، شماره ۱۰۹، صص ۱۰۷ –۱۲۱.

– توکلی‌نغمه، مصطفی؛ جاسم‌نژاد، فرشته؛ محمودی‌چناری، حبیب. ۱٤۰۱. مکان‌یابی محدوده‌های مناسب برای دفن پسماند روستایی(محدوده مورد مطالعه: شهرستان قصرشیرین)، مجله پژوهش و فناوری محیط‌زیست، ۱٤۰۱– شماره۱۱، صص ۷۹–۹۱.

– دانش، غزاله؛ منوری، سیدمسعود ؛ علی‌عمرانی، قاسم؛ کرباسی، عبدالرضا؛ فرساد، فروغ.۱٤۰۰. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بر پایه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل دفن پسماندخطرناک (مطالعه موردی: استان بوشهر)، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۲۳، شماره۳، صص ۸۷ –۱۰۱.

– رجایی، علی. ۱۳۸۲. کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه ریزی شهری و روستایی. انتشارات سمت، تهران، چاپ اول.

– حیدرزاده، نوید. ۱۳۸۲. معیارهای مکانیابی محل دفن مواد زاید جامع شهری، تهران، انتشارات سازمان شهرداری-های کشور.

– سرخی، وحید. ۱۳۸٤. دفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS مطالعه موردی: آبدانان، پایان‌نامه ارشد دانشگاه تهران.

– فخاریان؛ کاظم، عبدی، مرتضی. ۱۳۸۰. ضرورت بهسازی محل‌های دفن مواد زاید جامد شهری در کشور، نخستین کنفرانس بهسازی زمین.

– فرهودی،رحیم؛ حبیبی، کاوه؛ زندی، پیام. ۱۳۸٤. مکانیابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط **GIS** مطالعه موردی شهرستان سنندج، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲۳، صص ۵–۱۵.

شماره ۲۹، ص۲–۱۲.

– فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ سلمانی، محمد؛ فریدونی، فاطمه؛ کرینزاده، حسین؛ رحیمی، حسن. ۱۳۸۹. مکان یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرایند شبکه ای تحلیل :(ANP) مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره ۱، ۱۲۹–۱٤۶.

– طالبی، مهدی. ۱٤۰۲. مکانیابی محل دفن پسماند شهر بم با استفاده از مدلسازی تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط GIS. مجله آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۸– ۳۲۶.

– عظیمی‌حسینی، محمد؛ نظری‌فر، محمدهادی؛ مومنی، رضوانه. ۱۳۸۹. کاربرد GIS در مکانیابی، انتشارات مهرگان قلم، چاپ اول، ص ۶۸.

– غلامعلی‌فرد، مهدی؛ امیدی‌پور، رضا. ۱۳۹۳. مکانیابی محل دفن پسماند جامد شهر ایلام با استفاده از رویه‌های بولین و ترکیب خطی وزنی در محیط GIS. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، جلد ۲٤، شماره ۱۱۷، صص ۱٤۳– ۱۵۶.

– غلامی، محمد؛ رضاعلی، منصور؛ نظری، ولی‌اله. ۱۳۹۹ مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری با استفاده از GIS و AHP (مطالعه موردی: شهر ساحلی – صنعتی عسلویه)، فصلنامه علمی- پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیایی انسانی سال سیزدهم شماره دوم، صص ۱۹۳-۲۱۰.

– مجلسی، منیره؛ نوری، جعفر. ۱۳۷۱. مکانیانیابی و مدیریت محل دفن بهداشتی، تهران، انتشارات سازمان بازیافت و تبدیل مواد.

– نگارش، حسین. ۱۳۸٤. زلزله شهرها، گسل‌ها، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۲. دانشگاه تهران.

- Alkaradaghi, K., Ali, S.S., Al-Ansari, N., Laue, J., Chabuk, A., 2019. Landfill site selection using MCDM methods and GIS in the sulaimaniyah governorate, Iraq. Sustainability, 11(17), 4530.

- Asefi, H., Zhang, Y., Lim, S., Maghrebi, M. 2020. An integrated approach to suitability assessment of municipal solid waste landfills in New South Wales, Australia. Australasian Journal of Environmental Management, 27(1), 63-83.

- Çeliker, M., Yıldız, O., Koçer, N. N. 2019. Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri DerGISi, 25(6), 683-691.

- Fritz, J.J., Vollmer, D. 2006. To what extent can technology compensate for institutional failure in an urban environmental management setting: The case of China. Technology in Society, 28(1–2), 95-104.

- Donevska, K.R., Gorsevski P.V., Jovanovski, M. , I., Pesevski. 2012. Regional non-hazardous land?ll site selection by integrating fuzzy logic. AHP and geographic information systems. Environ Earth Sci, 67:121-131.

- Kuo, J., Chi, C., Kao, S. 2002. A decision support system for selecting convenience store location through integration of Fuzzy- AHP and artificial neural network. Computers in Industry.;47: 199-214.

-Pastakia, C.MJ. A. The rapid impact assessment matrix (RIAM) for EIA. Environmental Impact Assessment Review. 1998; 18(5):461-82.

- Dey, P.K., Ramcharan, E.K. 2000. Analytic hierarchy process helps select site forlimestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Manageme, PP426-443

- Sumathi, V.R., Natesan., U., Sarkar. C., 2008, GIS-based approach for optimized siting of municipal .solid waste landfill. Waste Management, Vol: 28, p: 2146–216

- Majumdar, S., Sivaramakrishnan, L. 2020. Mapping of Urban Growth Dynamics in Kolkata Metropolitan Area: A Geospatial Approach. In Urbanization and Regional Sustainability in South Asia (pp. 9-24. Springer, Cham.

-Yang, Z., Chen, H., Du, L., Lu, W., Qi, K. 2020. Exploring the industrial solid wastes management system: Empirical analysis of forecasting and safeguard mechanisms. Contents-listsavailableatscienceDirect, Journal of Environmental Management,https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111627.